

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-42894

(P2003-42894A)

(43)公開日 平成15年2月13日(2003.2.13)

(51)Int.Cl.⁷

G 01 M 11/00

G 01 B 11/08

識別記号

F I

テーマコード(参考)

G 01 M 11/00

G 2 F 065

G 01 B 11/08

H 2 G 086

審査請求 有 請求項の数 7 O.L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願2001-234014(P2001-234014)

(22)出願日 平成13年8月1日(2001.8.1)

(71)出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72)発明者 大西 正志

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電
気工業株式会社横浜製作所内

(72)発明者 梁田 英二

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電
気工業株式会社横浜製作所内

(74)代理人 100088155

弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

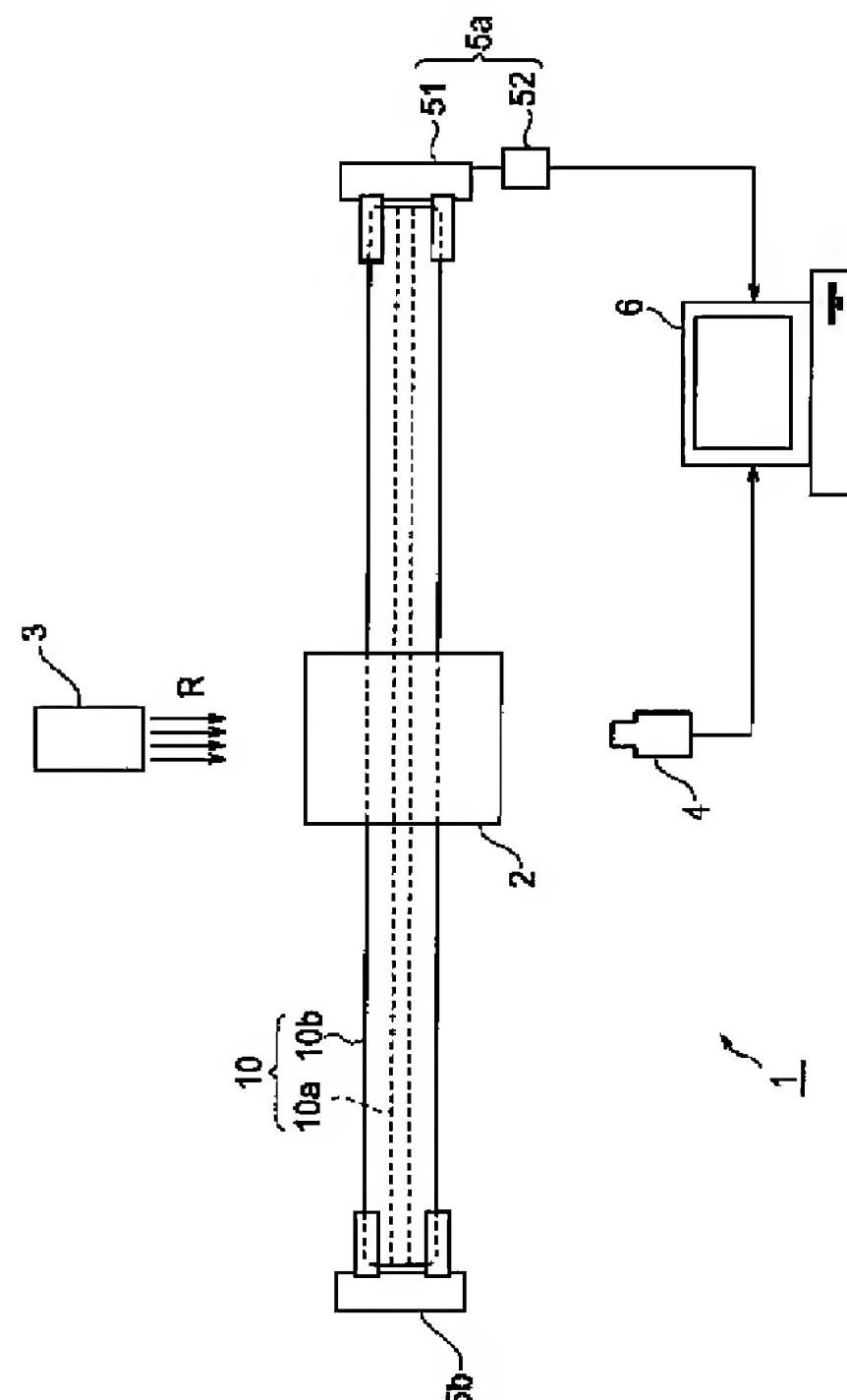
最終頁に続く

(54)【発明の名称】コア部非円率測定方法、及びその装置

(57)【要約】

【課題】光ファイバ母材のコア部非円率を容易に短時間で測定できる方法及びその装置を提供する。

【解決手段】コア部非円率測定装置1は、光ファイバ母材10を液体中に浸漬させる容器2と、光ファイバ母材10に平行光を照射する光源部3と、光ファイバ母材10を透過した光を受光する受光部4と、光ファイバ母材10を保持し回転させる保持回転部5a, 5bと、コア部非円率測定部6とを有する。クラッド部10b及び液体の屈折率を略等しくさせると、クラッド部10bを透過する光は屈折されることなく直進する。一方、コア部10aを透過する光はコア部10aとクラッド部10bとの屈折率差により屈折されて受光部に達する。このため、受光部3により得られる像は所定の明暗部を有する。コア部非円率測定部6において、像の光強度分布に基づきコア部非円率が算出される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 コア部及びクラッド部を有する光ファイバ母材のコア部非円率を測定するコア部非円率測定方法であって、

前記クラッド部と屈折率が略等しい液体中に前記光ファイバ母材を浸漬し、

前記液体中に浸漬された光ファイバ母材をその中心軸を回転軸として回転させ、

回転する前記光ファイバ母材の側面に対して平行光を照射し、

前記光ファイバ母材の側面に照射されて前記光ファイバ母材を透過した光を受光して撮像し、

その撮像の結果得られた光強度分布に基づいてコア部非円率を求めることを特徴とするコア部非円率測定方法。

【請求項2】 前記光強度分布において前記コア部を透過した光により生じる明部の幅を測定して該明部の幅をYとし、

回転する前記光ファイバ母材の回転角を求めて該回転角を ϕ とし、

前記明部の幅Yを前記回転角 ϕ に対して、式 $Y = A + B \times \sin \phi$ を用いてフィッティングし、

フィッティングの結果から、コア部非円率を式 $D(\%) = (2 \times B / A) \times 100$ に基づいて推定することを特徴とする請求項1記載のコア部非円率測定方法。

【請求項3】 前記光ファイバ母材を透過した光を受光して撮像する際、

当該光を複数の画素を有する画素面上に照射させて前記光ファイバ母材の画像を形成し、

前記画素面上の前記画像のうち前記コア部により形成される部分に前記画素を少なくとも1000個以上含ませることを特徴とする請求項1記載のコア部非円率測定方法。

【請求項4】 前記液体の屈折率 d_1 は、前記クラッド部の屈折率 d_k に対し、

$$0 \leq |(d_1 - d_k) / d_k| \leq 0.05$$

で表される関係を満たすことを特徴とする請求項1記載のコア部非円率測定方法。

【請求項5】 コア部及びクラッド部を有する光ファイバ母材のコア部非円率を測定するコア部非円率測定装置であって、

前記コア部と屈折率のほぼ等しい液体中に前記光ファイバ母材を浸漬させる容器と、

前記液体中に浸漬された光ファイバ母材を保持し、当該光ファイバ母材をその中心軸を回転軸として回転させる保持回転手段と、

前記液体中に浸漬された光ファイバ母材の側面に対して平行光を照射するよう配置された光源部と、

前記光ファイバ母材の側面に照射されて前記光ファイバ母材を透過した光を受光して撮像するよう設けられた撮像部と、

前記撮像部により撮像の結果得られた光強度分布に基づいてコア部非円率を求めるコア部非円率測定部と、を備えることを特徴とするコア部非円率測定装置。

【請求項6】 前記撮像部は、複数の画素を含む画素面を有しており、

前記光ファイバ母材を透過した光が前記画素面上に照射されて前記光ファイバ母材の画像が形成されるときに、前記画素面上の前記画像のうち前記コア部により形成される部分に前記画素を少なくとも1000個以上含むことを特徴とする請求項5記載のコア部非円率測定装置。

【請求項7】 前記回転保持手段は、回転させる前記光ファイバ母材の回転角 ϕ を含む角度信号を出力する角度信号出力部を更に備え、

前記コア部非円率測定部は、前記角度信号を入力し該角度信号より得られる前記回転角 ϕ と、前記光強度分布において前記コア部を透過した光により生じる明部の幅Yとに対して、式 $Y = A + B \times \sin \phi$ を用いてフィッティングし、このフィッティングの結果から、コア部非円率を式 $D(\%) = (2 \times B / A) \times 100$ に基づいて推定することを特徴とする請求項5記載のコア部非円率測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ファイバ母材のコア部非円率測定方法、及びその装置に関する。

【0002】

【従来の技術】光ファイバ母材を線引きして光ファイバを作製する場合、作製された光ファイバの光学的特性は光ファイバ母材のコア部の非円率等に大きく依存する。

30 例え、コア部の非円率が大きい光ファイバ母材から光ファイバを作製すれば、その光ファイバ自体のコア非円率もまた悪化してしまう。そのため、光ファイバの偏波モード分散特性が悪化してしまう事態となっていた。偏波モード分散特性が悪化すると、高ビットレートの光伝送が困難となるという問題があった。光ファイバ母材のコア部非円率を低減するためには、先ず、コア部非円率を測定する必要がある。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】光ファイバ母材のコア部非円率を求める方法として、光ファイバ母材に光を照射し、光ファイバ母材を透過した光を観測した結果から光ファイバ母材の屈折率分布を算出し、この屈折率分布に基づいてコア部非円率を求める方法がある。本発明者らは、このような方法について鋭意研究を行なった結果、以下の問題点を見出した。すなわち、光ファイバ母材に光を照射すると、照射された光は、光ファイバ母材の側面、及びクラッド部とコア部との境界において屈折するので、透過後の光により形成される像は複雑なパターンを有することになる。コア部非円率を求めるためには、コア部非円以外の要因によって複雑化されたパター

ンを所定のデータ処理により補正する必要があった。そのためには、複雑な計算が必要であり、測定に長い時間を要していた。

【0004】そこで、本発明は、上記の問題点を解決するためになされたものであり、光ファイバ母材のコア部非円率を容易に短時間で測定できる方法及びその装置を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明に係るコア部非円率測定方法は、コア部及びクラッド部を有する光ファイバ母材のコア部非円率を測定するコア部非円率測定方法であって、(a)クラッド部と屈折率が略等しい液体中に光ファイバ母材を浸漬し、(b)液体中に浸漬された光ファイバ母材をその中心軸を回転軸として回転させ、(c)回転する光ファイバ母材の側面に対して平行光を照射し、(d)光ファイバ母材の側面に照射されて光ファイバ母材を透過した光を受光して撮像し、(e)その撮像の結果得られた光強度分布に基づいてコア部非円率を求めることを特徴とする。

【0006】上記の方法によれば、コア部非円率が測定されるべき光ファイバ母材は、そのクラッド部と屈折率がほぼ等しい液体に浸漬される。そして、当該液体に浸漬された光ファイバ母材はその中心軸を回転軸として回転される。そして、この光ファイバ母材の側面に平行光が照射される。クラッド部と液体との屈折率はほぼ等しいため、クラッド部を透過するよう進行する平行光は、液体とクラッド部との境界面で屈折されることなく直進する。一方、コア部を透過するよう進行する平行光は、コア部とクラッド部との間に屈折率差があるため、これら双方の境界で屈折されて集光されるよう進行する。その結果、受光部により受光された光は、明部及び暗部を含むような光強度分布を示すこととなる。このような光強度分布は、コア部とクラッド部との境界において屈折された光により形成されるので、この光強度分布に基づいてコア部非円率を求めることができる。

【0007】また、本発明によるコア部非円率測定方法は、上記光強度分布においてコア部を透過した光により生じる明部の幅を測定してこの明部の幅をYとし、回転する光ファイバ母材の回転角を求めてこの回転角を ϕ とし、明部の幅Yを回転角 ϕ に対して、式 $Y = A + B \times \sin \phi$ を用いてフィッティングし、フィッティングの結果から、コア部非円率を式 $D(\%) = (2 \times B / A) \times 100$ に基づいて推定することを特徴とすることができます。測定の結果得られたグラフに対して上式を用いたフィッティングを行い、値A、Bを求めれば、コア部非円率を求めることができる。

【0008】さらに、光ファイバ母材を透過した光を受光して撮像する際、当該光を複数の画素を有する画素面上に照射させて光ファイバ母材の画像を形成し、画素面上の画像のうちコア部により形成される部分に画素を少

なくとも1000個以上含ませると好適である。これにより、コア部の直径の相対値を精度良く求めることができます。

【0009】さらにまた、上記の液体の屈折率 d_1 は、クラッド部の屈折率 d_k に対し、

$$0 \leq |(d_1 - d_k) / d_k| \leq 0.05$$

で表される関係を満たすと好適である。光ファイバ母材を浸漬させる液体の屈折率がこのような関係を満たせば、光ファイバ母材に照射される平行光は、液体とクラッド部の外周面との境界において殆ど屈折することがない。

【0010】また、本発明に係る光ファイバ母材のコア部非円率装置は、コア部及びクラッド部を有する光ファイバ母材のコア部非円率を測定するコア部非円率測定装置であって、(a)コア部と屈折率のほぼ等しい液体中に光ファイバ母材を浸漬させる容器と、(b)上記液体中に浸漬された光ファイバ母材を保持し、当該光ファイバ母材をその中心軸を回転軸として回転させる保持回転手段と、(c)液体中に浸漬された光ファイバ母材の側面に対して平行光を照射するよう配置された光源部と、(d)光ファイバ母材の側面に照射されて光ファイバ母材を透過した光を受光して撮像するよう設けられた撮像部と、(e)撮像部により撮像の結果得られた光強度分布に基づいてコア部非円率を求めるコア部非円率測定部と、を備えることを特徴とする。上記容器中に光ファイバ母材のクラッド部と屈折率がほぼ等しい液体を収容し、光ファイバ母材をこの液体中に浸漬させれば、上記の測定方法を好適に実施することができ、上述した通り、光ファイバ母材のコア部非円率を測定できる。

【0011】また、上記の撮像部は、複数の画素を含む画素面を有しており、光ファイバ母材を透過した光が画素面上に照射されて光ファイバ母材の画像が形成されるときに、画素面上の画像のうちコア部により形成される部分に画素を少なくとも1000個以上含むと有用である。

【0012】さらに、回転保持手段は、回転させる光ファイバ母材の回転角 ϕ を含む角度信号を出力する角度信号出力部を更に備え、コア部非円率測定部は、角度信号を入力しこの角度信号より得られる回転角 ϕ と、上記の光強度分布においてコア部を透過した光により生じる明部の幅Yとに対して、式 $Y = A + B \times \sin \phi$ を用いてフィッティングし、このフィッティングの結果から、コア部非円率を式 $D(\%) = (2 \times B / A) \times 100$ に基づいて推定すると好適である。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係るコア部非円率の測定装置及びこの測定装置を用いた測定方法の好適な実施形態について図面を参照しながら説明する。なお、図面の説明においては、同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明は省略する。

【0014】図1は、本実施形態によるコア部非円率測定装置の構成を示す概略図である。同図において、コア部非円率測定装置1は、光ファイバ母材10の一部を液体中に浸漬させる容器2と、液体に浸漬された光ファイバ母材10の側面に対して平行光を照射する光源部3と、光ファイバ母材の側面に照射され光ファイバ母材を透過した光を撮像する撮像部4と、光ファイバ母材10を保持し、その中心軸を回転軸として光ファイバ母材10を回転させる保持回転部5a, 5bと、撮像部4により撮像された光の光強度分布を求め、この光強度分布に基づいてコア部非円率を計算するコア部非円率測定部6とを有する。光ファイバ母材10は、例えば、VAD(Vapor phase Axial Deposition)法、MCVD(Modified Chemical Vapor Deposition)法、OVD(Outside Vapor Deposition)法、又はロッドインコラプス法といった光ファイバ母材製造方法から製造され、コア部10aとクラッド部10bとを有する。ここで、コア部10aにはGeO₂が一様に添加されている。また、クラッド部10bの屈折率は、波長630nmの光に対し1.46程度あり、コア部10aのクラッド部10bに対する比屈折率差△は1%程度である。

【0015】容器2は、一面が開放された略立方体の形状を有する。また、容器2の対向する一対の面には、光ファイバ母材10が通挿される開口が設けられている。また、この開口の縁には、例えばバイトン(Viton(登録商標))といった材料からなるパッキング材が設けられている。このパッキング材は、適度な弾力性を有しており、光ファイバ母材の側面と密着する。これにより、開口と光ファイバとの間が密閉され、容器2内の液体は漏洩することなく収容される。また、パッキング材は、光ファイバ母材10がその中心軸を回転軸として回転できる程度に密着される。なお、容器2は、光源部3から放出される平行光、及び光ファイバ母材10を透過する光を透過させる材料から構成される必要があり、例えば、石英ガラスから構成されると好ましい。

【0016】光源部3は、例えば、ハロゲン又はキセノンランプといったランプを有する。このランプにより平行光Rが放出される。また、光源部3は、ハロゲン又はキセノンランプといったランプと、所定のレンズを有する光学系とから構成されてもよい。また、これらのランプとバンドル光ファイバとを光学的に結合し、該光ファイバの端部にコリメートレンズを取り付け、光源部3を構成してもよい。これらの構成により、このランプから放射される光が平行光化される。また、光源部3は、光ファイバ母材10の側面に対向するように設けられる。特に、光源部3からの平行光が光ファイバ母材10の長手方向と直交するように光ファイバ母材10の側面に照射されると尚好ましい。

【0017】撮像部4は、この撮像部4と光源部3との間に光ファイバ母材10が位置するように配置される。

これにより、光源部3から放出されて光ファイバ母材10を透過した光は撮像部4に入射される。撮像部4に入射された光は撮像部4が有する撮像面に照射され、光ファイバ母材10を透過した光による画像が撮像面上に形成される。撮像部4の撮像面は複数個の画素を有しており、この画素のそれにより光電変換が行われる。光電変換の結果得られた電気信号は、後述のコア部非円率測定部6に対して出力される。なお、撮像部4として、具体的には、所定のレンズ等を有するCCDカメラが使用されると好適である。

【0018】さらに、画素面上に光ファイバ母材の画像を投影させる際、この像のうちコア部により形成される部分に画素が1000個以上含まれるようにすると好ましい。これにより、コア部10aを透過した光により形成される画像の形状を精度良く求めることが可能となる。具体的には、0.1%程度の測定精度が実現される。なお、コア部により形成される画像部分に画素が1000個以上含まれるようするためには、所望の画素数を有するよう撮像部4を適宜構成すればよい。また、撮像部4と光ファイバ母材10との間に所定のレンズを有する光学系を設け、この光学系の調整によりコア部により形成される画像部分に画素が1000個以上含まれるようにしてもよい。

【0019】保持回転部5aは、光ファイバ母材10をその中心軸を回転軸として回転させる回転機構が備えられた保持具51を有する。また、保持回転部5aは、角度信号出力部52を有している。角度信号出力部52は、光ファイバ母材10の回転角度に関する情報を含む回転角度信号を出力する。この回転角度信号は、後述するコア部非円率測定部6に入力される。また、保持回転部5bは、光ファイバ母材10を保持する。保持回転部5bは、光ファイバ母材10がその中心軸を回転軸として回転されるよう回転自在に設けられている。

【0020】コア部非円率測定部6は、撮像部4からの像情報を含む電気信号と、角度信号出力部52からの回転角度信号とを入力する。また、コア部非円率測定部6は、これらの信号に基づいて所定のデータ加工を行なってコア部非円率を算出する。コア部非円率測定部6としては、例えば通常のパーソナルコンピュータを使用することができる。

【0021】続いて、コア部非円率測定装置1を用いてコア部非円率を測定する方法を測定の原理と合せて説明する。先ず、光ファイバ母材10を容器2の開口に挿入し、容器2を貫通させて、光ファイバ母材10に容器2を取り付ける。次に、容器2が取り付けられた光ファイバ母材10を保持回転部5a, 5bの保持具に取り付ける。続けて、光ファイバ母材10の側面が完全に浸漬されるように、容器2内に光ファイバ母材10のコア部10aと屈折率が略等しい液体を入れる。ここで、コア部10aと屈折率が略等しい液体については、コア部10

aの屈折率を d_k とし、液体の屈折率を d_1 としたとき、式 $0 \leq |(d_1 - d_k)/d_k| \leq 0.05$ で表される関係が満たされる。さらに、好ましくは、 $0 \leq |(d_1 - d_k)/d_k| \leq 0.03$ であると好適である。具体的にはシリコン系オイルが好ましく、又、水であってもよい。

【0022】上記のような液体中を容器2に入れた後、光ファイバ母材10を保持回転部5aにより所定の回転速度で回転させる。そして、回転する光ファイバ母材10の上記液体中に浸漬された部分の側面に対して光源部3から平行光を照射する。その後、光ファイバ母材10を透過した光を撮像部4の撮像面上の照射させる。そして、撮像面上の画素による光電変換によって生じる像情報を持む電気信号をコア部非円率測定部6に出力する。コア部非円率測定部6において、撮像部4からの電気信号と、角度信号出力部52からの回転角度信号とに基づいてコア部非円率を算出する。

【0023】ここで、コア部非円率測定部6に実施されるコア部非円率の算出について、図面を参照しながら、説明する。図2(a)は、光ファイバ母材10に照射された平行光が光ファイバ母材10を透過する様子を示す模式図である。図2(b)は、撮像部4の撮像面に形成される像の一例を示す図である。図2(a)に示す通り、平行光Rが光源部3から光ファイバ母材10に対して照射される。この平行光Rのうちコア部10aの側面に所定の角度で入射するよう進行する光R_{cb}はコア部10aとクラッド部10bとの屈折率差により屈折される。屈折の結果、透過光R_{ca}は集光されるよう曲がる。一方、クラッド部10bを透過するよう進行する光R_{kb}は、クラッド部10b周囲の液体Fとクラッド部10bとの屈折率が略等しいため、屈折されることなく直進する。すなわち、クラッド部10bを透過した光R_{ka}は直進を続け、コア部10aを透過した光R_{ca}が集光されるよう進行して撮像部4の撮像面S上に到達する。この結果、撮像面S上の像には、図2(b)に示す通り、明部M、暗部B₁、及び暗部B₂がストライプ状に形成される。

【0024】上述の通り、明部Mはコア部10aを透過した光により形成されるため、この明部Mの幅Yからコア部10aの直径の相対値を求めることができる。つまり、明部Mの幅Yはコア部10aの直径と必ずしも一致してはいないが、光源部3、光ファイバ母材10、及び撮像部4の位置関係を同一に保っておけば、幅Yの変化を求ることによりコア部10aの直径の変化を知ることができます。よって、その変化からコア部非円率求めることができる。以下に、その方法について具体的に説明する。

【0025】光ファイバ母材10を回転させながら、光ファイバ母材10の任意の回転角度 ϕ における幅Yを測定する。この測定の結果に基づいて、回転角度 ϕ に対して幅Yをプロットし、図3に示すグラフGを得る。なお、この測定の際、回転角度 ϕ の基準は適宜決定されて

よく、この基準から計った角度を回転角度としてよい。また、幅Yを求める際には、明部Mと暗部B₁との境界、及び明部Mと暗部B₂との境界において所定の光強度を呈する2つの位置の間の距離を求め、この距離を幅Yとしてよい。また、明部Mの幅Yを精度良く測定するためには、明部Mと暗部B₁との境界部、及び明部Mと暗部B₂との境界部において測定精度を向上させる必要がある。そのため、これら2つの境界部における画素の数又は密度を向上させると好ましい。本発明者らは、画素の個数に関して、画素面上の明部M、暗部B₁、及び暗部B₂の範囲に少なくとも1000個以上あると好適であると考えている。

【0026】グラフGにおける各点(黒丸)は、実際に測定された幅Yをプロットした点である。この点に対して、 $Y = A + B \times \sin \phi$ で表される式を用いてフィッティングを行なった。グラフGにおける線Lは、このフィッティングにより実際に得られた近似線を表す。また、このフィッティングの結果得られたフィッティング変数A及びBは、A=1.72であり、B=0.02であった。これらの値より、コア部非円率は、

$$(2 \times B/A) \times 100 = (2 \times 0.02 / 1.72) \times 100 = 1.40\%$$

と算出された。

【0027】以上のように、コア部非円率測定装置1を用いた測定方法によれば、クラッド部10bと屈折率がほぼ等しい液体F中に光ファイバ母材10を浸漬することにより、クラッド部10bを透過する光が屈折されるのが防がれる。そのため、光ファイバ母材10を透過する光のうちコア部10aを透過する光だけが屈折することになる。その結果、コア部10aを透過した光によって撮像部4の撮像面に形成される像には、明部M、暗部B₁、及び暗部B₂がストライプ状に形成される。この明部Mの幅Yからコア部10aの直径の相対値を求めることができる。よって、光ファイバ母材10を回転させながら幅Yを測定し、幅Yを回転角度 ϕ に対してプロットしたグラフを取得し、同グラフを所定の式でフィッティングすることにより、コア部非円率を求めることができる。上記方法によれば、コア部10aを透過する光だけを屈折させて、コア部10aの直径に関する情報を容易に得ることができる。そのため、複雑な解析を行なうことなく、コア部非円率を容易且つ確実に求めることができる。また、複雑な解析に依らないため、フィッティング等に要する時間を短縮できる。

【0028】本発明者らは、上述のコア部非円率測定装置及びその測定方法を採用し、様々な光ファイバ母材についてコア部非円率の測定を行なった。また、コア部非円率を測定した光ファイバ母材を線引きして光ファイバを作製し、その光ファイバの偏波モード分散を測定した。なお、光ファイバの作製には、例えば特開平6-171970号公報及び特開平9-243833号公報に

提案される揺動線引き方法を採用した。この線引き方法は、線引きの際に、回転軸が周期的に揺動するガイドローラで光ファイバをガイドすることにより、当該光ファイバに所定のねじりを付与する方法である。所定のねじりを光ファイバに付与することによりガラス軟化部が強制的にねじられ、その結果、光ファイバにおいて互いに直交する2つの偏波モードの間のモード結合が生じる。そのため、偏波分散による入力パルスの広がりは、揺動を実施しないで作製した光ファイバと比較して、 $1/(4Lh)^{1/2}$ 程度となる。ここで、Lは光ファイバ長(m)、hは光ファイバ長1m当たりの回転数(回/m)である。

【0029】図4は、光ファイバ母材のコア部非円率と光ファイバの偏波モード分散との関係を示すグラフである。同図から分かるように、光ファイバ母材のコア部非円率が1.0%以下の場合に、大容量伝送に好適な偏波モード分散値 $0.15 \text{ ps}/\text{km}^{1/2}$ 以下の光ファイバが得られることが分かる。また、同図から、上述の光ファイバ母材のコア部非円率測定装置により測定されたコア部非円率と偏波モード分散値との間には明らかな相関関係があることが分かる。したがって、上述のコア部非円率測定装置を用いて光ファイバ母材のコア部非円率を測定し、測定の結果の応じて適宜光ファイバ母材を選択すれば、所望の偏波モード分散値を有する光ファイバを作製し得る。すなわち、複数の光ファイバ母材から光ファイバを作製し、偏波モード分散を測定した後に、所定の仕様値を有する光ファイバを選択する場合に比べ、光ファイバの作製時間及び作製コストを低減できる。しかも、上記コア部非円率測定装置を用いたコア部非円率測定方法においては、上述の通り、複雑な解析を必要とせずに容易に、しかも短時間で測定を行なうことができる。このような点から、上述の光ファイバ母材のコア部非円率測定装置及び測定方法の効果が理解される。

【0030】以上、実施形態を用いて本発明に係る光ファイバ母材のコア部非円率測定装置及びその測定方法について説明したが、本発明は、上記実施形態に限られることなく様々な変形が可能である。例えば、コア部非円率測定装置1では、容器2を用いて光ファイバ母材10の被測定部分のみを液体中に浸漬させるようにしたが、容器2に替わり、光ファイバ母材10の全体を浸漬させる容器を用いてもよい。また、光源部3及び撮像部4を光ファイバ母材10の長手方向に移動可能に設けること

ができる。これにより、長手方向に沿った複数の位置においてコア部非円率が測定される。

【0031】また、本発明に係るコア部光ファイバ母材のコア部非円率測定装置及びその測定方法においては、コア部内で屈折率が変化する光ファイバ母材に対しても好適に適用される。コア部内で屈折率が変化する場合においても、コア部の外周面とクラッド部との境界における屈折率差によって光が屈折されるため、この屈折に基づいた明暗部が撮像された像に形成される。よって、この明暗に基づいてコア部の直径の相対値を求めることができる。

【0032】また、上記実施形態においては、明部Mの幅Yを用いてコア部10aの直径の相対値を算出したが、暗部B₁、明部M、及び暗部B₂の合計幅を用いることができる。さらに、上記実施形態においては、式 $Y = A + B \times \sin \phi$ を用いてフィッティングしたが、フィッティングに用いられる式は適宜変更されてよい。さらにまた、光ファイバ母材10を回転させながら測定した明部Mの幅Yの最大値と最小値とに基づいてコア部非円率を求めてよい。

【0033】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係るコア部非円率測定方法及び測定装置によれば、コア部非円率を容易に短時間で測定できる方法及びその装置が提供される。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、本実施形態によるコア部非円率測定装置の構成を示す概略図である。

【図2】図2(a)は、光ファイバ母材に照射された平行光が光ファイバ母材を透過する様子を示す模式図である。図2(b)は、受光部の受光面に形成される像の一例を示す図である。

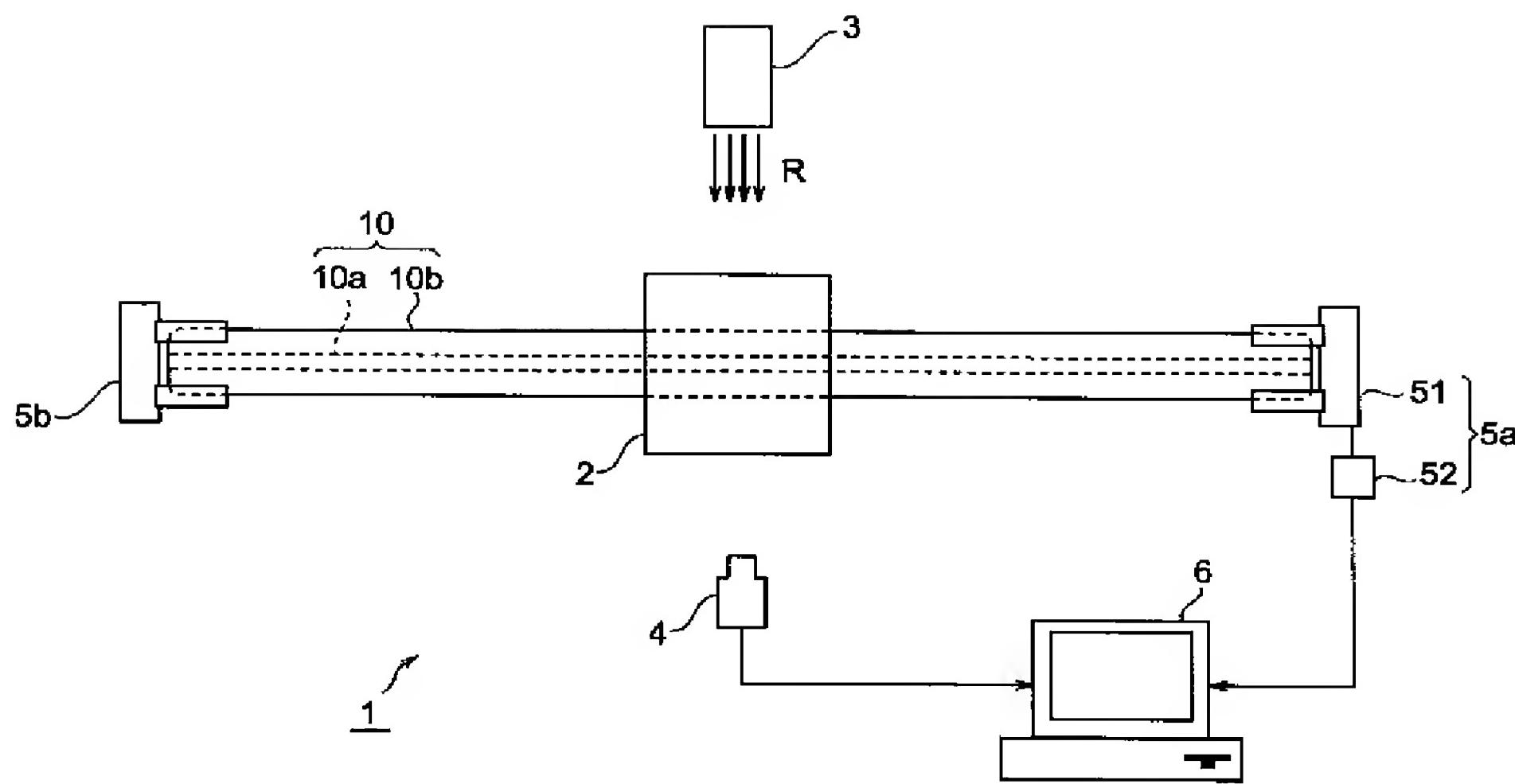
【図3】図3は、回転角度 ϕ に対して明部の幅Yをプロットしたグラフである。

【図4】図4は、光ファイバ母材のコア部非円率と光ファイバの偏波モード分散との関係を示すグラフである。

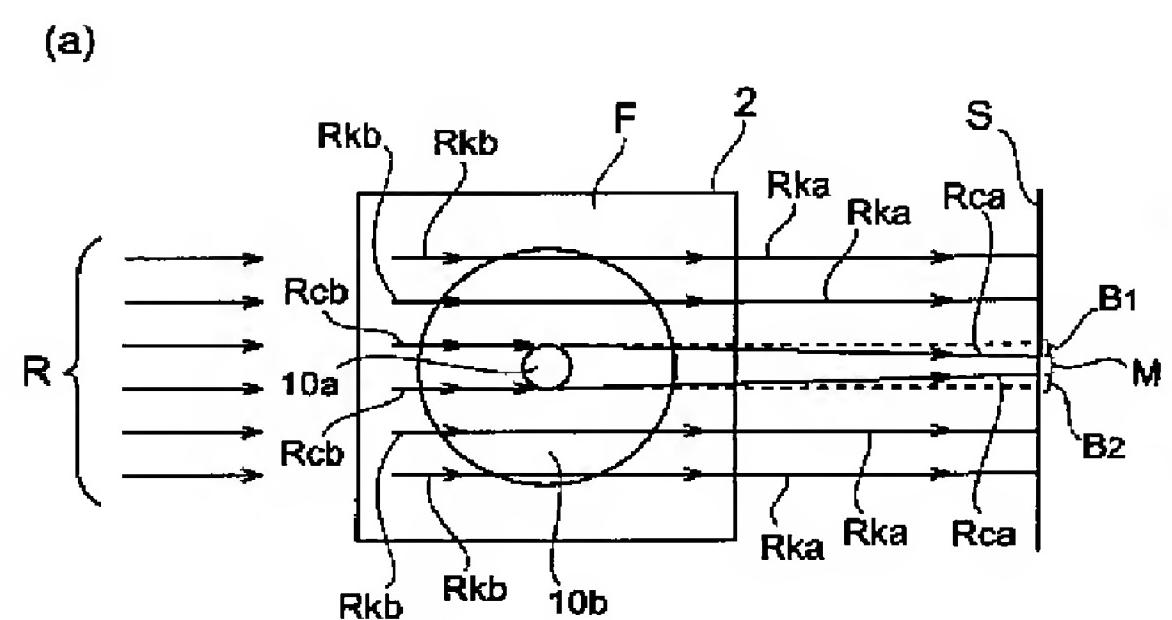
【符号の説明】

1…コア部非円率測定装置、2…容器、3…光源部、4…受光部、5a, 5b…保持回転部、6…コア部非円率測定部、10…光ファイバ母材、B₁, B₂…暗部、M…明部、R…平行光、S…受光面。

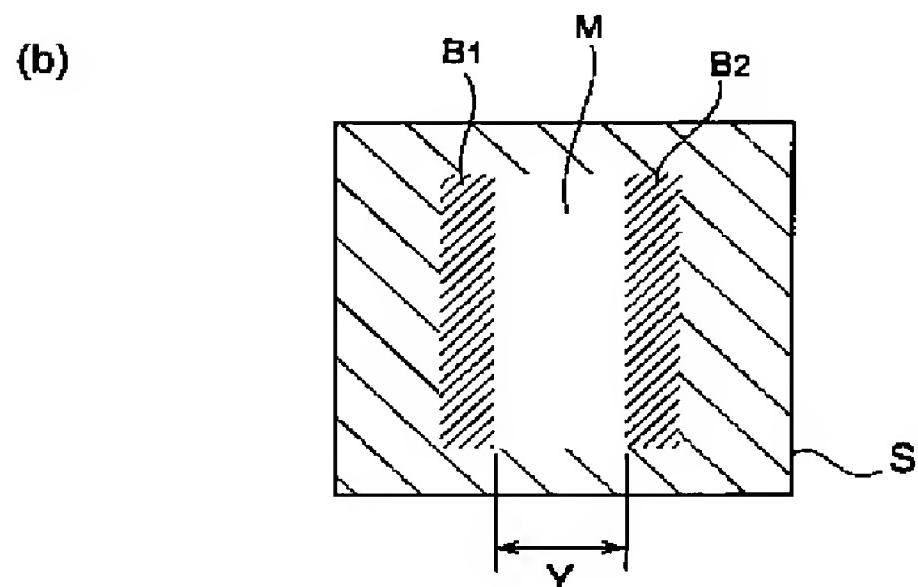
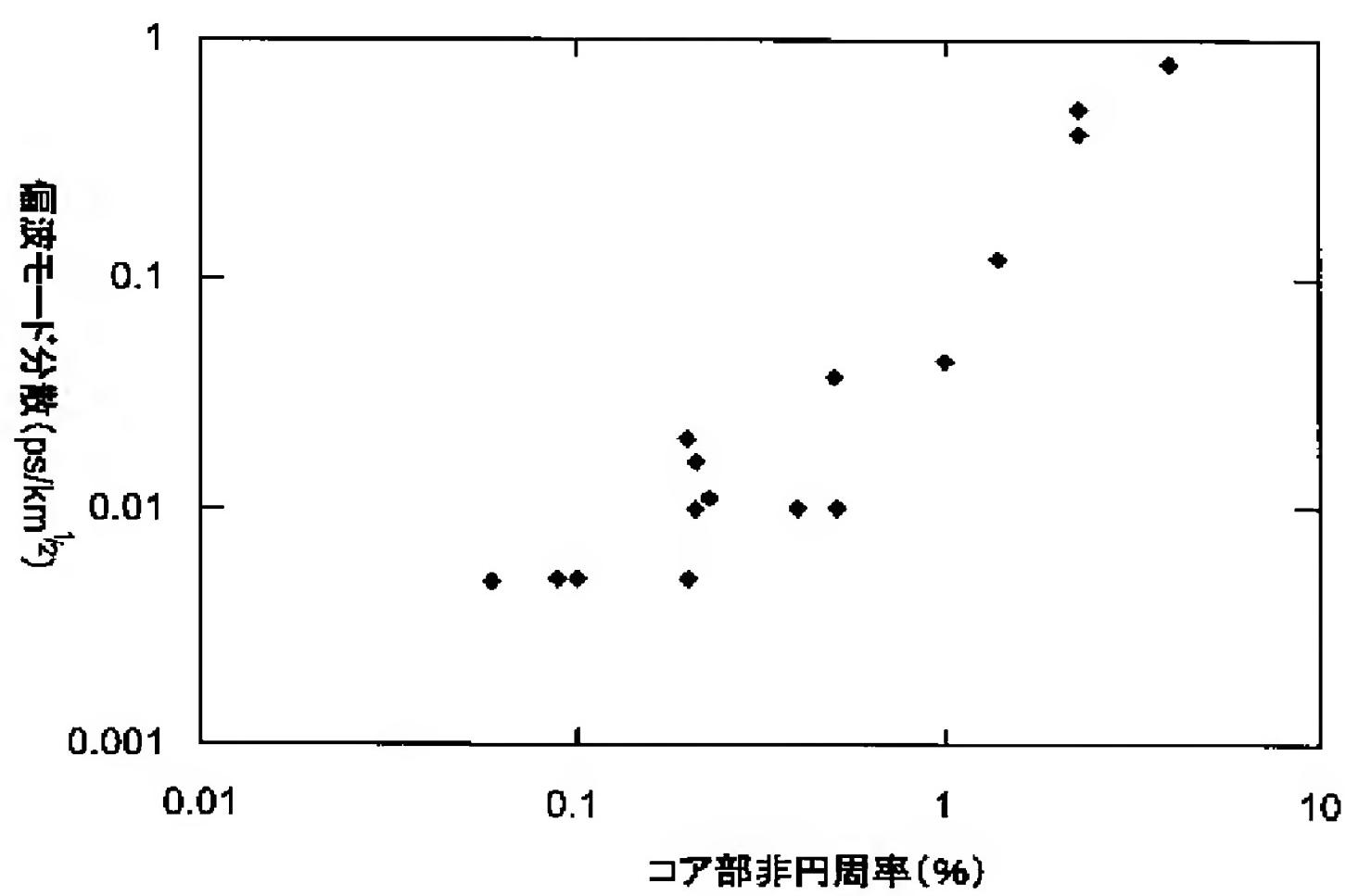
【図1】



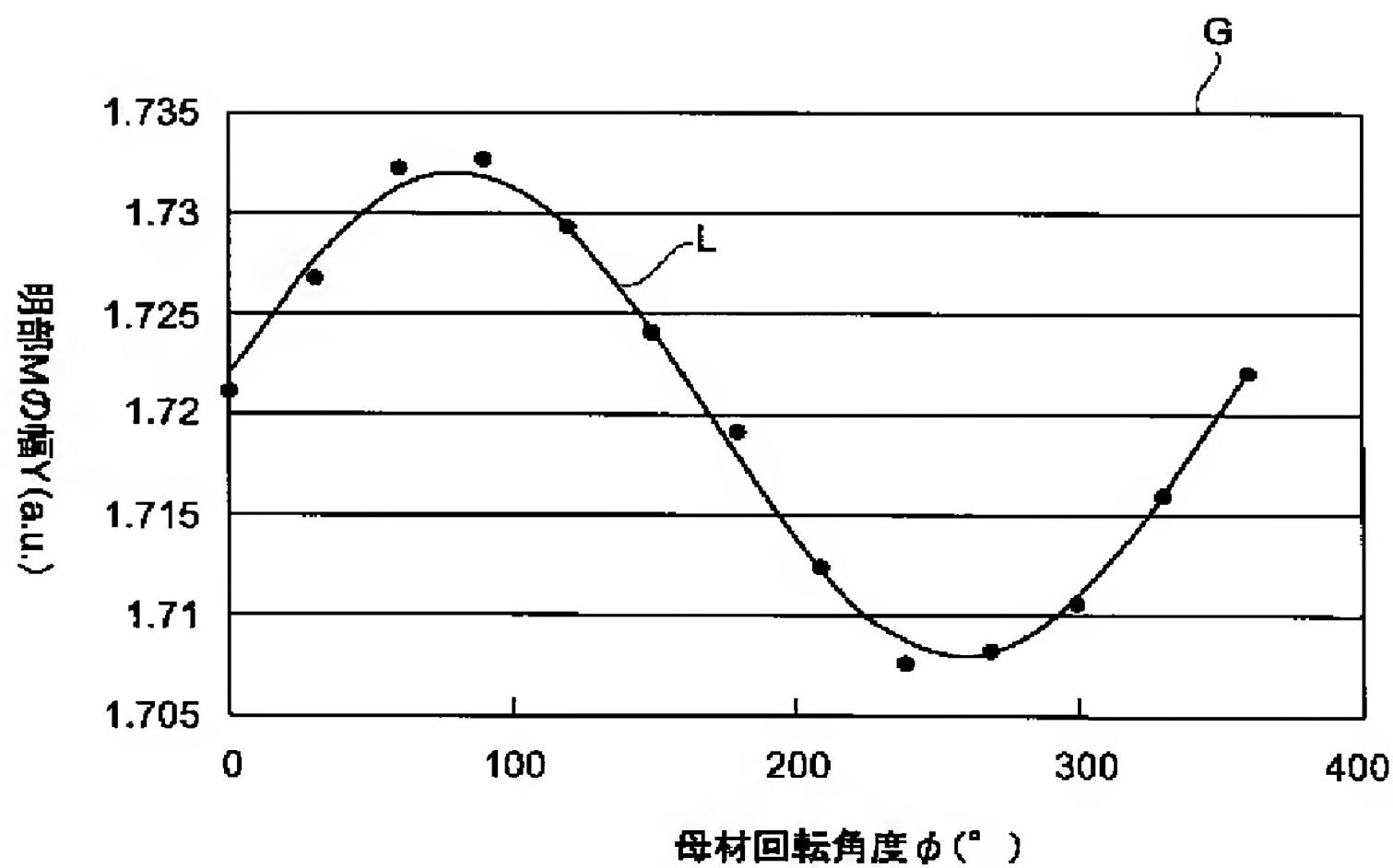
【図2】



【図4】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 平野 正晃

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電
気工業株式会社横浜製作所内

F ターム(参考) 2F065 AA21 AA45 AA60 BB06 BB12
BB17 BB22 CC23 DD06 FF04
FF42 FF65 GG02 GG03 HH03
HH15 JJ03 JJ26 LL01 MM04
PP13 PP18 QQ17 QQ21 QQ26
QQ28 QQ31
2G086 AA02 AA04

DERWENT-ACC-NO: 2003-243593

DERWENT-WEEK: 200324

COPYRIGHT 2008 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Non-circularity measurement method for core of optical fiber, involves calculating light intensity distribution based on light received through base material immersed in liquid with refractive index equal to that of cladding

INVENTOR: HIRANO M; ONISHI M ; YANADA E

PATENT-ASSIGNEE: SUMITOMO ELECTRIC IND LTD [SUME]

PRIORITY-DATA: 2001JP-234014 (August 1, 2001)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE
JP 2003042894 A	February 13, 2003	JA

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL- DESCRIPTOR	APPL-NO	APPL- DATE
JP2003042894A	N/A	2001JP- 234014	August 1, 2001

INT-CL-CURRENT:

TYPE	IPC DATE
CIPP	G01B11/08 20060101
CIPS	G01M11/00 20060101

ABSTRACTED-PUB-NO: JP 2003042894 A

BASIC-ABSTRACT:

NOVELTY - An optical-fiber base material is immersed in a liquid with refractive index equal to that of clad region. A parallel light is irradiated to the rotating optical-fiber base material from one side of the central axis which acts as a rotation axis. The light intensity distribution is calculated based on the light transmitted and received through the optical-fiber base material, to calculate the non-circularity.

DESCRIPTION - An INDEPENDENT CLAIM is included for non-circularity measuring device.

USE - For measuring non-circularity of core region of optical fiber.

ADVANTAGE - Measures non-circularity of core region quickly and easily.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows the block diagram of non-circularity measuring device.

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/4

TITLE-TERMS: NON CIRCULAR MEASURE METHOD CORE
OPTICAL CALCULATE LIGHT INTENSITY
DISTRIBUTE BASED RECEIVE THROUGH
BASE MATERIAL IMMERSE LIQUID
REFRACT INDEX EQUAL CLAD

DERWENT-CLASS: S02 V07

EPI-CODES: S02-A03B1; S02-J04A1A; V07-J;

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: 2003-194232

*** NOTICES ***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]**[0001]**

[Field of the Invention]This invention relates to the core part non-circularity measuring method of an optical fiber preform, and its device.

[0002]

[Description of the Prior Art]When drawing a line in an optical fiber preform and producing an optical fiber, it depends on the non-circularity of the core part of an optical fiber preform, etc. for the optical characteristic of the produced optical fiber greatly. For example, if an optical fiber is produced from an optical fiber preform with large non-circularity of a core part, the core non-circularity of the optical fiber itself will also get worse. Therefore, it had become a situation where the polarization-mode-dispersion characteristic of an optical fiber got worse. When the polarization-mode-dispersion characteristic got worse, there was a problem that the optical transmission of a high bit rate became difficult. In order to reduce the core part non-circularity of an optical fiber preform, it is necessary to measure core part non-circularity first.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]As a method of asking for the core part non-circularity of an optical fiber preform, an optical fiber preform is irradiated, the refractive index distribution of an optical fiber preform is computed from the result of having observed the light which penetrated the optical fiber preform, and there is a method of asking for core part non-circularity based on this refractive index distribution. This invention persons found out the following problems, as a result of inquiring wholeheartedly about such a method. That is, since the irradiated light is refracted on the side of an optical fiber preform, and the boundary between a clad part and a core part if an optical fiber preform is irradiated, the image formed of the light after a penetration will have a complicated pattern. In order to ask for core part non-circularity, predetermined data processing needed to amend the pattern complicated by factors

other than a core part non-circle. For that purpose, complicated calculation is required and measurement had taken long time.

[0004]Then, this invention is made in order to solve the above-mentioned problem, and it is a thing.

The purpose is to provide the method of measuring the core part non-circularity of ** easily in a short time, and its device.

[0005]

[Means for Solving the Problem]A core part non-circularity measuring method concerning this invention is a core part non-circularity measuring method which measures core part non-circularity of an optical fiber preform which has a core part and a clad part, (a) A clad part and a refractive index omit, and are and an optical fiber preform is immersed into a fluid, (b) Rotate the medial axis for an optical fiber preform immersed into a fluid as the axis of rotation, (c) receiving and picturizing light with which irradiated with a parallel beam to the side of an optical fiber preform to rotate, and it was irradiated by the side of the (d) optical fiber preform and which penetrated an optical fiber preform -- (e) -- ask for core part non-circularity based on light intensity distribution acquired as a result of the image pick-up

[0006]According to an above-mentioned method, an optical fiber preform by which core part non-circularity should be measured is immersed in a fluid in which the clad part and refractive index are almost equal. And an optical fiber preform immersed in the fluid concerned rotates the medial axis as the axis of rotation. And a parallel beam is irradiated by the side of this optical fiber preform. Since a refractive index of a clad part and a fluid is almost equal, a parallel beam which advances so that a clad part may be penetrated goes straight on, without being refracted in an interface of a fluid and a clad part. Since a parallel beam which advances on the other hand so that a core part may be penetrated has refractive index difference between a core part and a clad part, it advances so that it may be refracted and condensed on a boundary of these both sides. As a result, light received by light sensing portion will show light intensity distribution which contains a bright section and dark space. Since such light intensity distribution is formed of light refracted on a boundary between a core part and a clad part, it can ask for core part non-circularity based on this light intensity distribution.

[0007]A core part non-circularity measuring method by this invention, Measure width of a bright section produced by light which penetrated a core part in the above-mentioned light intensity distribution, set width of this bright section to Y, set this angle of rotation to phi in quest of an angle of rotation of a rotating optical fiber preform, and the angle of rotation phi is received in the width Y of a bright section, And it can be characterized by presuming core part non-circularity based on formula $D(%) = (2xB/A) \times 100$ from a result of fitting. [using formula $Y=A+Bx\sin\phi$] If fitting using an upper type is performed to a graph obtained as a result of

measurement and the values A and B are calculated, it can ask for core part non-circularity.

[0008]When receiving and picturizing light which penetrated an optical fiber preform, it is suitable if at least 1000 or more pixels are included in a portion which makes it irradiate with the light concerned on a pixel side which has two or more pixels, forms a picture of an optical fiber preform, and is formed of a core part among pictures on a pixel side. Thereby, a relative value of a diameter of a core part can be calculated with sufficient accuracy.

[0009]Refractive-index d_l of the above-mentioned fluid is preferred further again, if a relation expressed with $0 \leq |(d_l - d_k)/d_k| \leq 0.05$ is filled to refractive-index d_k of a clad part. If a refractive index of a fluid in which an optical fiber preform is made immersed fills such a relation, a parallel beam irradiated by optical fiber preform is hardly refracted on a boundary of a fluid and a peripheral face of a clad part.

[0010]A core part non-circularity device of an optical fiber preform concerning this invention is provided with the following.

A container which is a core part non-circularity measuring device which measures core part non-circularity of an optical fiber preform which has a core part and a clad part, and is made to immerse an optical fiber preform into an almost equal fluid of the (a) core part and a refractive index.

(b) A maintenance pivot means which holds an optical fiber preform immersed into the above-mentioned fluid, and rotates the medial axis for the optical fiber preform concerned as the axis of rotation.

(c) A light source part arranged so that it may irradiate with a parallel beam to the side of an optical fiber preform immersed into a fluid, (d) An image pick-up part provided so that light with which it was irradiated by the side of an optical fiber preform, and which penetrated an optical fiber preform might be received and picturized, and a core part non-circularity test section which asks for core part non-circularity based on light intensity distribution acquired by (e) image pick-up part as a result of an image pick-up.

Core part non-circularity of an optical fiber preform can be measured as the above-mentioned measuring method could be enforced suitably and mentioned above, when accommodating a fluid whose clad part and refractive index of an optical fiber preform are almost equal into the above-mentioned container and making an optical fiber preform immersed into this fluid.

[0011]When it has a pixel side containing two or more pixels, light which penetrated an optical fiber preform is irradiated on a pixel side and a picture of an optical fiber preform is formed, if the above-mentioned image pick-up part contains at least 1000 or more pixels in a portion formed of a core part among pictures on a pixel side, it is useful.

[0012]Rotation holding mechanism is further provided with an angle signal outputting part which outputs an angle signal including the angle of rotation phi of an optical fiber preform which makes it rotate, and a core part non-circularity test section, As opposed to the width Y of

a bright section produced by light which penetrated a core part in the angle of rotation phi and the above-mentioned light intensity distribution which input an angle signal and are acquired from this angle signal, It is suitable, if and core part non-circularity is presumed from a result of this fitting based on formula D(%) =(2xB/A) x100. [using formula Y=A+Bxsinphi]

[0013]

[Embodiment of the Invention]It explains referring to drawings for the suitable embodiment of the measuring device of the core part non-circularity concerning this invention, and the measuring method using this measuring device hereafter. In explanation of a drawing, the same numerals are given to the same element and the overlapping explanation is omitted to it.

[0014]Drawing 1 is a schematic diagram showing the composition of the core part non-circularity measuring device by this embodiment. In the figure, the core part non-circularity measuring device 1 is provided with the following.

The container 2 made to immerse a part of optical fiber preform 10 into a fluid.

The light source part 3 which irradiates with a parallel beam to the side of the optical fiber preform 10 immersed in the fluid.

The image pick-up part 4 which picturizes the light with which it was irradiated by the side of the optical fiber preform, and which penetrated the optical fiber preform.

The maintenance rotary parts 5a and 5b which hold the optical fiber preform 10 and rotate the optical fiber preform 10 by setting the axis of rotation as that medial axis, and the core part non-circularity test section 6 which searches for the light intensity distribution of the light picturized by the image pick-up part 4, and calculates core part non-circularity based on this light intensity distribution.

The optical fiber preform 10, for example The VAD (Vapor phase Axial Deposition) method, MCVD (Modified Chemical Vapor Deposition) -- law. It is manufactured from optical fiber preform manufacturing methods, such as the OVD (Outside Vapor Deposition) method or the rod parakeet lapse method, and has the core part 10a and the clad part 10b. Here, GeO_2 is uniformly added by the core part 10a. The relative index difference [as opposed to / to light with a wavelength of 630 nm / about 1.46 / the clad part 10b of **** and the core part 10a in the refractive index of the clad part 10b] delta is about 1%.

[0015]The container 2 has the shape of an abbreviated cube where the whole surface was opened wide. The opening by which the optical fiber preform 10 is ****(ed) is provided in the field of the couple where the container 2 counters. The packing material which consists of a material called a Viton (Viton (registered trademark)), for example is formed in the edge of this opening. This packing material has moderate elasticity and sticks it with the side of an optical fiber preform. Thereby, between an opening and optical fibers is sealed, and the fluid in the container 2 is accommodated, without revealing. A packing material is stuck to such an extent

that the optical fiber preform 10 can rotate the medial axis as the axis of rotation. When the container 2 needs to comprise material which makes the parallel beam emitted from the light source part 3, and the light which penetrates the optical fiber preform 10 penetrate, for example, comprises silica glass, it is preferred.

[0016]The light source part 3 has lamps, such as halogen or a xenon lamp, for example. The parallel beam R is emitted with this lamp. The light source part 3 may comprise lamps, such as halogen or a xenon lamp, and an optical system which has a predetermined lens. These lamps and bundle optical fiber may be combined optically, a collimate lens may be attached to the end of this optical fiber, and the light source part 3 may be constituted. Parallel Guanghua of the light emitted from this lamp is carried out by these composition. The light source part 3 is formed so that the side of the optical fiber preform 10 may be countered. When the side of the optical fiber preform 10 glares so that the longitudinal direction of the optical fiber preform 10 and the parallel beam from the light source part 3 may cross at right angles especially, in addition, it is desirable.

[0017]The image pick-up part 4 is arranged so that the optical fiber preform 10 may be located between this image pick-up part 4 and light source part 3. The light which was emitted from the light source part 3 and penetrated the optical fiber preform 10 by this enters into the image pick-up part 4. The light which entered into the image pick-up part 4 is irradiated by the imaging surface which the image pick-up part 4 has, and the picture by the light which penetrated the optical fiber preform 10 is formed on an imaging surface. The imaging surface of the image pick-up part 4 has two or more pixels, and photoelectric conversion is performed by each of this pixel. The electrical signal acquired as a result of photoelectric conversion is outputted to the below-mentioned core part non-circularity test section 6. It is suitable if the CCD camera which has a predetermined lens etc. is specifically used as the image pick-up part 4.

[0018]It is desirable when making the picture of an optical fiber preform project on a pixel side, and 1000 or more pixels are made to be contained in the portion formed of a core part among this image. It becomes possible to ask for the shape of the picture formed by this of the light which penetrated the core part 10a with sufficient accuracy. Specifically, about 0.1% of accuracy of measurement is realized. What is necessary is just to constitute the image pick-up part 4 suitably so that it may have a desired pixel number in order to carry out as [contain / in the image region formed of a core part / 1000 or more pixels]. The optical system which has a predetermined lens is established between the image pick-up part 4 and the optical fiber preform 10, and 1000 or more pixels may be made to be contained in the image region formed by adjustment of this optical system by a core part.

[0019]The maintenance rotary part 5a has the holding fixture 51 with which it had [medial axis / the] the rolling mechanism rotated as the axis of rotation in the optical fiber preform 10.

The maintenance rotary part 5a has the angle signal outputting part 52. The angle signal outputting part 52 outputs an angle-of-rotation signal including the information about angle of rotation of the optical fiber preform 10. This angle-of-rotation signal is inputted into the core part non-circularity test section 6 mentioned later. The maintenance rotary part 5b holds the optical fiber preform 10. The maintenance rotary part 5b is formed enabling free rotation so that the optical fiber preform 10 may rotate the medial axis as the axis of rotation.

[0020]The core part non-circularity test section 6 inputs an electrical signal including the image information from the image pick-up part 4, and the angle-of-rotation signal from the angle signal outputting part 52. The core part non-circularity test section 6 computes core part non-circularity by performing predetermined data processing based on these signals. As the core part non-circularity test section 6, the usual personal computer can be used, for example.

[0021]Then, how to measure core part non-circularity using the core part non-circularity measuring device 1 is explained together with the principle of measurement. First, insert the optical fiber preform 10 in the opening of the container 2, the container 2 is made to penetrate, and the container 2 is attached to the optical fiber preform 10. Next, the optical fiber preform 10 to which the container 2 was attached is attached to the holding fixture of the maintenance rotary parts 5a and 5b. Continuously, in the container 2, the core part 10a and refractive index of the optical fiber preform 10 omit, and are, and a fluid is put in so that the side of the optical fiber preform 10 may be immersed thoroughly. Here, the core part 10a and a refractive index omit, and are, and when the refractive index of the core part 10a is made into d_k and the

refractive index of a fluid is made into d_l about a fluid, the relation expressed with formula $0 \leq |(d_l - d_k)/d_k| \leq 0.05$ is filled. It is suitable in it being $0 \leq |(d_l - d_k)/d_k| \leq 0.03$ preferably. Silicon system oil may be preferred and, specifically, may be water.

[0022]After putting the inside of the above fluids into the container 2, the optical fiber preform 10 is rotated with predetermined revolving speed by the maintenance rotary part 5a. And it irradiates with a parallel beam from the light source part 3 to the side of the portion immersed into the above-mentioned fluid of the rotating optical fiber preform 10. Then, it is made to irradiate with the light which penetrated the optical fiber preform 10 on the imaging surface of the image pick-up part 4. And an electrical signal including the image information produced by the photoelectric conversion by the pixel on an imaging surface is outputted to the core part non-circularity test section 6. In the core part non-circularity test section 6, core non-circularity is computed based on the electrical signal from the image pick-up part 4, and the angle-of-rotation signal from the angle signal outputting part 52.

[0023]Here, calculation of the core part non-circularity carried out by the core part non-circularity test section 6 is explained, referring to drawings. Drawing 2 (a) is a mimetic diagram showing signs that the parallel beam irradiated by the optical fiber preform 10 penetrates the

optical fiber preform 10. Drawing 2 (b) is a figure showing an example of the image formed in the imaging surface of the image pick-up part 4. The parallel beam R is irradiated from the light source part 3 to the optical fiber preform 10 as shown in drawing 2 (a). Optical R_{cb} which advances so that it may enter into the side of the core part 10a at an angle of predetermined among this parallel beam R is refracted according to the refractive index difference of the core part 10a and the clad part 10b. As a result of refraction, it turns at transmitted light R_{ca} so that it may be condensed. optical R_{kb} which advances on the other hand so that the clad part 10b may be penetrated -- the refractive index of the fluid F of the circumference of clad part 10b, and the clad part 10b -- abbreviation -- since it is equal, it goes straight on, without being refracted. That is, optical R_{ka} which penetrated the clad part 10b continues rectilinear propagation, it advances so that optical R_{ca} which penetrated the core part 10a may be condensed, and it reaches on the imaging surface S of the image pick-up part 4. As a result, the bright section M, dark space B_1 , and dark space B_2 are formed in stripe shape as shown in drawing 2 (b) at the image on the imaging surface S.

[0024]Since it is formed of the light in which the bright section M penetrated the core part 10a as above-mentioned, the relative value of the diameter of the core part 10a can be calculated from the width Y of this bright section M. That is, although the width Y of the bright section M is not necessarily in agreement with the diameter of the core part 10a, if the physical relationship of the light source part 3, the optical fiber preform 10, and the image pick-up part 4 is kept the same, change of the diameter of the core part 10a can be known by asking for change of the width Y. Therefore, it can ask for core part non-circularity from the change. Below, the method is explained concretely.

[0025]The width Y in the arbitrary angle of rotation phi of the optical fiber preform 10 is measured rotating the optical fiber preform 10. Based on the result of this measurement, the width Y is plotted to the angle of rotation phi, and the graph G shown in drawing 3 is obtained. In the case of this measurement, the standard of the angle of rotation phi is good considering the angle which could be determined suitably and measured from this standard as angle of rotation. When asking for the width Y, the distance between two positions which present predetermined light intensity on the boundary of the bright section M and dark space B_1 and the boundary of the bright section M and dark space B_2 is found, and it is good considering this distance as the width Y. In order to measure the width Y of the bright section M with sufficient accuracy, it is necessary to raise the accuracy of measurement in the boundary part of the bright section M and dark space B_1 , and the boundary part of the bright section M and dark space B_2 . Therefore, it is desirable when the number or density of a pixel in these two

boundary parts is raised. If this invention persons are in at least 1000 or more ranges of the bright section M on a pixel side, dark space B_1 , and dark space B_2 , they consider that the number of a pixel is suitable.

[0026]Each point (black dot) in the graph G is a point which plotted the actually measured width Y. Fitting using the formula expressed with $Y=A+Bx\sin\phi$ to this point. The line L in the graph G expresses the approximate line actually obtained by this fitting. The fitting variables A and B acquired as a result of this fitting were $A= 1.72$, and were $B= 0.02$. From these values, core part non-circularity was computed with $x(2xB/A) 100=(2x0.02/1.72) \times 100=1.40\%$.

[0027]As mentioned above, according to the measuring method using the core part non-circularity measuring device 1, it prevents refracting the light which penetrates the clad part 10b by making the optical fiber preform 10 immersed into the fluid F whose clad part 10b and refractive index are almost equal. Therefore, only the light which penetrates the core part 10a among the lights which penetrate the optical fiber preform 10 will be refracted. As a result, the bright section M, dark space B_1 , and dark space B_2 are formed in the image formed in the imaging surface of the image pick-up part 4 of the light which penetrated the core part 10a at stripe shape. The relative value of the diameter of the core part 10a can be calculated from the width Y of this bright section M. Therefore, it can ask for core part non-circularity by fitting [measuring the width Y, rotating the optical fiber preform 10, acquiring the graph which plotted the width Y to the angle of rotation phi, and / the graph / a predetermined formula]. Since only the light which penetrates the core part 10a is made refracted according to the described method, the information about the diameter of the core part 10a can be acquired easily. Therefore, it can ask for core part non-circularity easily and certainly, without conducting complicated analysis. Since it does not depend on complicated analysis, the time which fitting etc. take can be shortened.

[0028]This invention persons adopted an above-mentioned core part non-circularity measuring device and a measuring method for the same, and measured core part non-circularity about various optical fiber preforms. A line was drawn in the optical fiber preform which measured core part non-circularity, the optical fiber was produced, and the polarization mode dispersion of the optical fiber was measured. The rocking drawing method proposed by JP,6-171970,A and JP,9-243833,A, for example was adopted as production of an optical fiber. This drawing method is the method of giving predetermined torsion to the optical fiber concerned by guiding an optical fiber with the guide idler which the axis of rotation rocks periodically in the case of drawing. The mode coupling between two polarization modes which a glass softened zone is twisted compulsorily and intersect perpendicularly mutually in an optical fiber as a result arises by giving predetermined torsion to an optical fiber. Therefore, the breadth of the input pulse by polarization dispersion serves as $1/(4Lh)^{1/2}$ grade as compared with the optical fiber

produced without rocking. Here, L is optical fiber length (m) and h is the number of rotations per optical fiber length of 1 m (time/m).

[0029] Drawing 4 is a graph which shows the relation between the core part non-circularity of an optical fiber preform, and the polarization mode dispersion of an optical fiber. As shown in the figure, when the core part non-circularity of an optical fiber preform is 1.0% or less, it turns out that the optical fiber below suitable polarization-mode-dispersion 0.15 ps/km value $^{1/2}$ for mass transmission is obtained. It turns out that clear correlation is between the core part non-circularity and the polarization-mode-dispersion value which were measured by the core part non-circularity measuring device of the above-mentioned optical fiber preform from the figure. Therefore, the core part non-circularity of an optical fiber preform is measured using an above-mentioned core part non-circularity measuring device, and if it responds as a result of measurement and an optical fiber preform is chosen suitably, the optical fiber which has a desired polarization-mode-dispersion value can be produced. That is, after producing an optical fiber from two or more optical fiber preforms and measuring polarization mode dispersion, compared with the case where the optical fiber which has predetermined specification values is chosen, the manufacturing time and manufacture cost of an optical fiber can be reduced. And moreover in the core part non-circularity measuring method using the above-mentioned core part non-circularity measuring device, it can measure easily in a short time as above-mentioned, without needing complicated analysis. From such a point, the effect of the core part non-circularity measuring device of an above-mentioned optical fiber preform and a measuring method is understood.

[0030] As mentioned above, although a core part non-circularity measuring device of the optical fiber preform which starts this invention using an embodiment, and a measuring method for the same were explained, various modification is possible for this invention, without being restricted to the above-mentioned embodiment. For example, in the core part non-circularity measuring device 1, although it was made to make only the portion of the optical fiber preform 10 under test immersed into a fluid using the container 2, the container 2 may be replaced and the container in which the whole optical fiber preform 10 is made immersed may be used. The light source part 3 and the image pick-up part 4 can be formed in the longitudinal direction of the optical fiber preform 10 movable. Thereby, core part non-circularity is measured in two or more positions in alignment with a longitudinal direction.

[0031] In a core part non-circularity measuring device of the core part optical fiber preform concerning this invention, and a measuring method for the same, it is suitably applied also to the optical fiber preform from which a refractive index changes within a core part. Also in the case where a refractive index changes within a core part, since light is refracted according to the refractive index difference in the boundary of the peripheral face of a core part, and a clad part, it is formed in the image by which the light-and-darkness part based on this refraction was

picturized. Therefore, the relative value of the diameter of a core part can be calculated based on this light and darkness.

[0032]In the above-mentioned embodiment, although the relative value of the diameter of the core part 10a was computed using the width Y of the bright section M, the sum total width of dark space B_1 , the bright section M, and dark space B_2 can be used. In the above-mentioned embodiment, although fitting using formula $Y=A+Bx\sin\phi$, the formula used for fitting may be changed suitably. It may ask for core part non-circularity based on the maximum and the minimum of the width Y of the bright section M which were measured further again while rotating the optical fiber preform 10.

[0033]

[Effect of the Invention]As explained above, according to the core part non-circularity measuring method and measuring device concerning this invention, the method of measuring core part non-circularity easily in a short time and its device are provided.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] It is a core part non-circularity measuring method which measures core part non-circularity of an optical fiber preform which has a core part and a clad part, Said clad part and a refractive index omit, and are, and said optical fiber preform is immersed into a fluid, The medial axis is rotated for an optical fiber preform immersed into said fluid as the axis of rotation, A core part non-circularity measuring method asking for core part non-circularity based on light intensity distribution which received and picturized light with which irradiated with a parallel beam to the side of said optical fiber preform to rotate, and it was irradiated by the side of said optical fiber preform, and which penetrated said optical fiber preform, and was acquired as a result of the image pick-up.

[Claim 2] Measure width of a bright section produced by light which penetrated said core part in said light intensity distribution, set width of this bright section to Y, set this angle of rotation to phi in quest of an angle of rotation of said rotating optical fiber preform, and said angle of rotation phi is received in the width Y of said bright section, The core part non-circularity measuring method according to claim 1 which and is characterized by presuming core part non-circularity based on formula $D(\%) = (2xB/A) \times 100$ from a result of fitting. [using formula $Y=A+Bx\sin\phi$]

[Claim 3] When receiving and picturizing light which penetrated said optical fiber preform, make it irradiate with the light concerned on a pixel side which has two or more pixels, and a picture of said optical fiber preform is formed, The core part non-circularity measuring method according to claim 1 including said at least 1000 or more pixels in a portion formed of said core part among said pictures on said pixel side.

[Claim 4] The core part non-circularity measuring method according to claim 1, wherein refractive-index d_l of said fluid fills a relation expressed with $0 \leq |(d_l - d_k)/d_k| \leq 0.05$ to refractive-index d_k of said clad part.

[Claim 5]A core part non-circularity measuring device which measures core part non-circularity of an optical fiber preform which has a core part and a clad part, comprising:

A container made to immerse said optical fiber preform into an almost equal fluid of said core part and a refractive index.

A maintenance pivot means which holds an optical fiber preform immersed into said fluid, and rotates the medial axis for the optical fiber preform concerned as the axis of rotation.

A light source part arranged so that it may irradiate with a parallel beam to the side of an optical fiber preform immersed into said fluid.

An image pick-up part provided so that light with which it was irradiated by the side of said optical fiber preform, and which penetrated said optical fiber preform might be received and picturized, and a core part non-circularity test section which asks for core part non-circularity based on light intensity distribution acquired by said image pick-up part as a result of an image pick-up.

[Claim 6]When said image pick-up part has a pixel side containing two or more pixels, light which penetrated said optical fiber preform is irradiated on said pixel side and a picture of said optical fiber preform is formed, The core part non-circularity measuring device according to claim 5 by which said at least 1000 or more pixels being included in a portion formed of said core part among said pictures on said pixel side.

[Claim 7]Said rotation holding mechanism is further provided with an angle signal outputting part which outputs an angle signal including the angle of rotation phi of said optical fiber preform which makes it rotate, and said core part non-circularity test section, As opposed to the width Y of a bright section produced by said angle of rotation phi which inputs said angle signal and is acquired from this angle signal, and light which penetrated said core part in said light intensity distribution, The core part non-circularity measuring device according to claim 5 which and is characterized by presuming core part non-circularity based on formula $D(%) = (2xB/A) \times 100$ from a result of this fitting. [using formula $Y=A+Bx\sin\phi$]

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] Drawing 1 is a schematic diagram showing the composition of the core part non-circularity measuring device by this embodiment.

[Drawing 2] Drawing 2 (a) is a mimetic diagram showing signs that the parallel beam irradiated by the optical fiber preform penetrates an optical fiber preform. Drawing 2 (b) is a figure showing an example of the image formed in the acceptance surface of a light sensing portion.

[Drawing 3] Drawing 3 is the graph which plotted the width Y of the bright section to the angle of rotation phi.

[Drawing 4] Drawing 4 is a graph which shows the relation between the core part non-circularity of an optical fiber preform, and the polarization mode dispersion of an optical fiber.

[Description of Notations]

1 [-- A light sensing portion, 5a 5b / -- A maintenance rotary part, 6 / -- A core part non-circularity test section, 10 / -- An optical fiber preform, $B_1 B_2$ / -- Dark space, M / -- A bright section, R / -- A parallel beam, S / -- Acceptance surface.] -- A core part non-circularity measuring device, 2 -- A container, 3 -- A light source part, 4

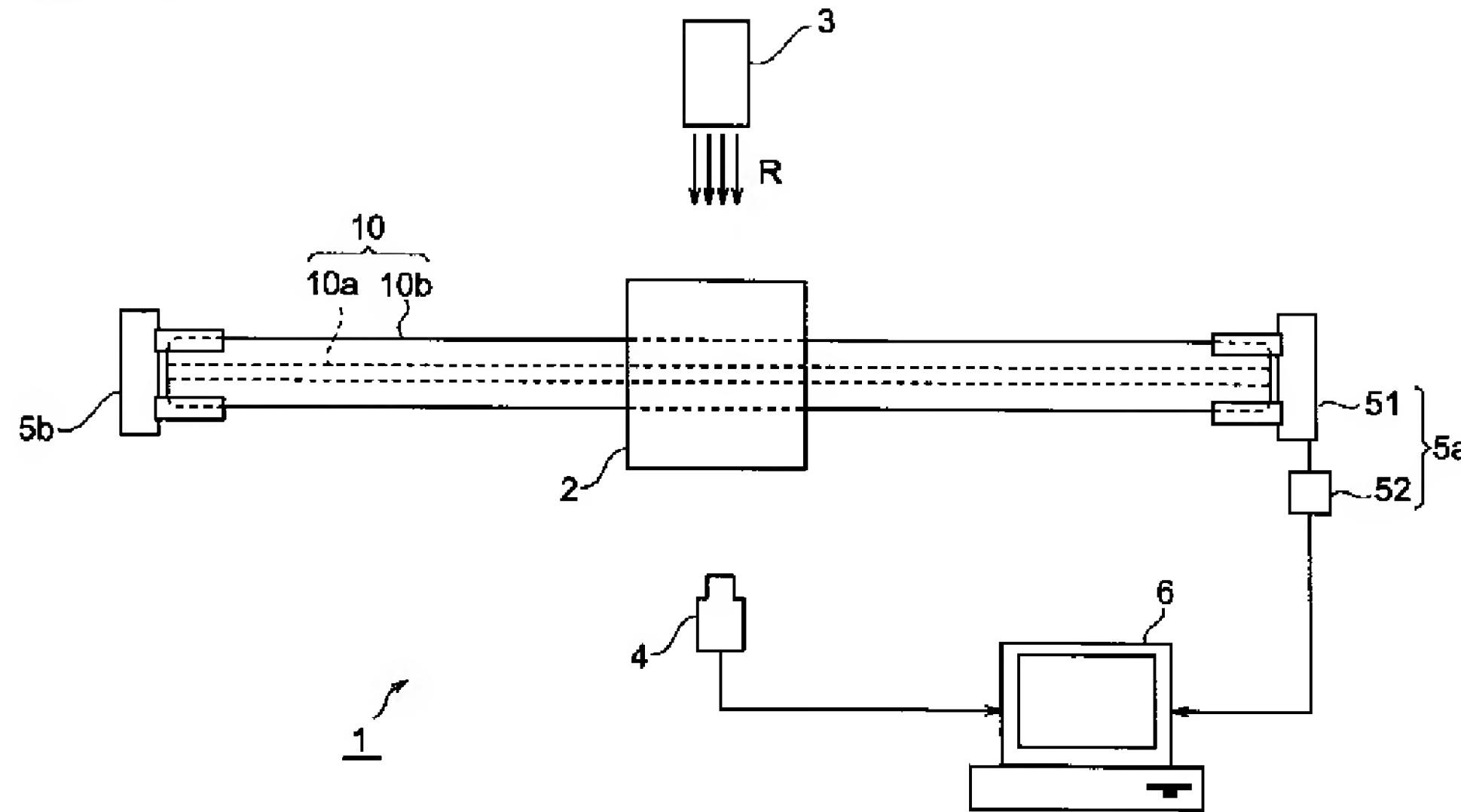
[Translation done.]

*** NOTICES ***

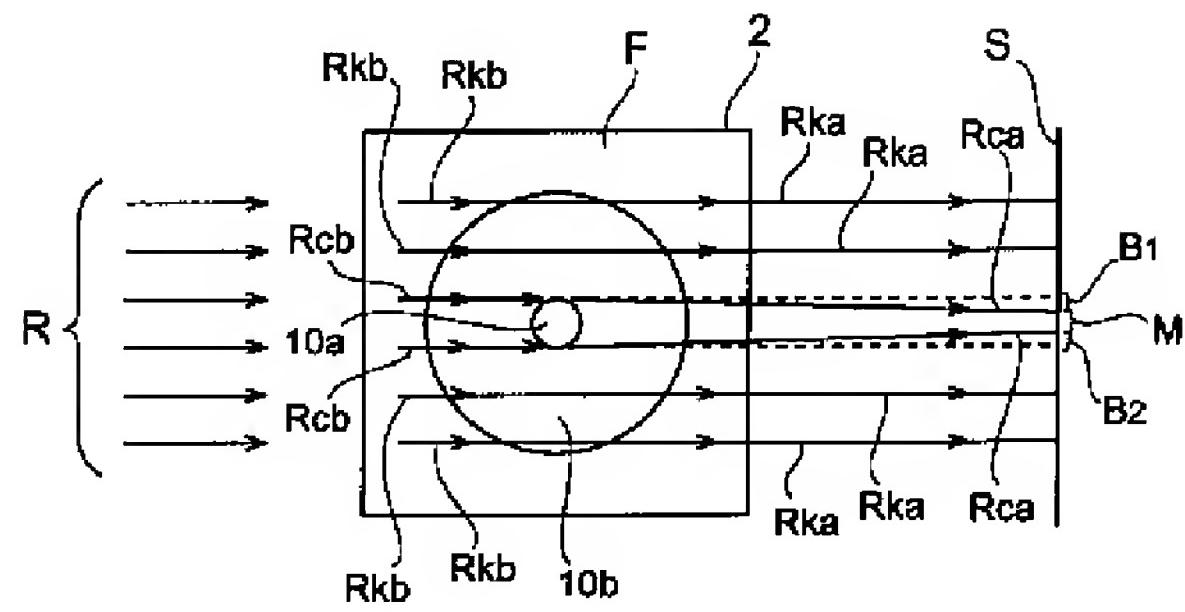
JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

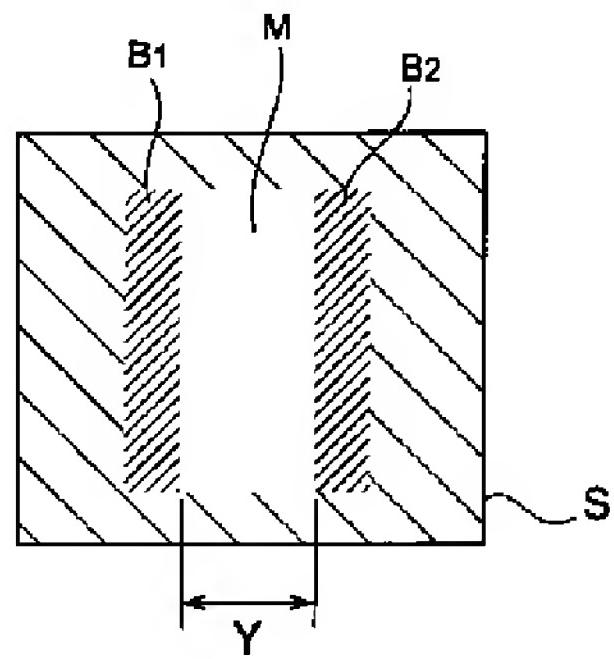
DRAWINGS

[Drawing 1]**[Drawing 2]**

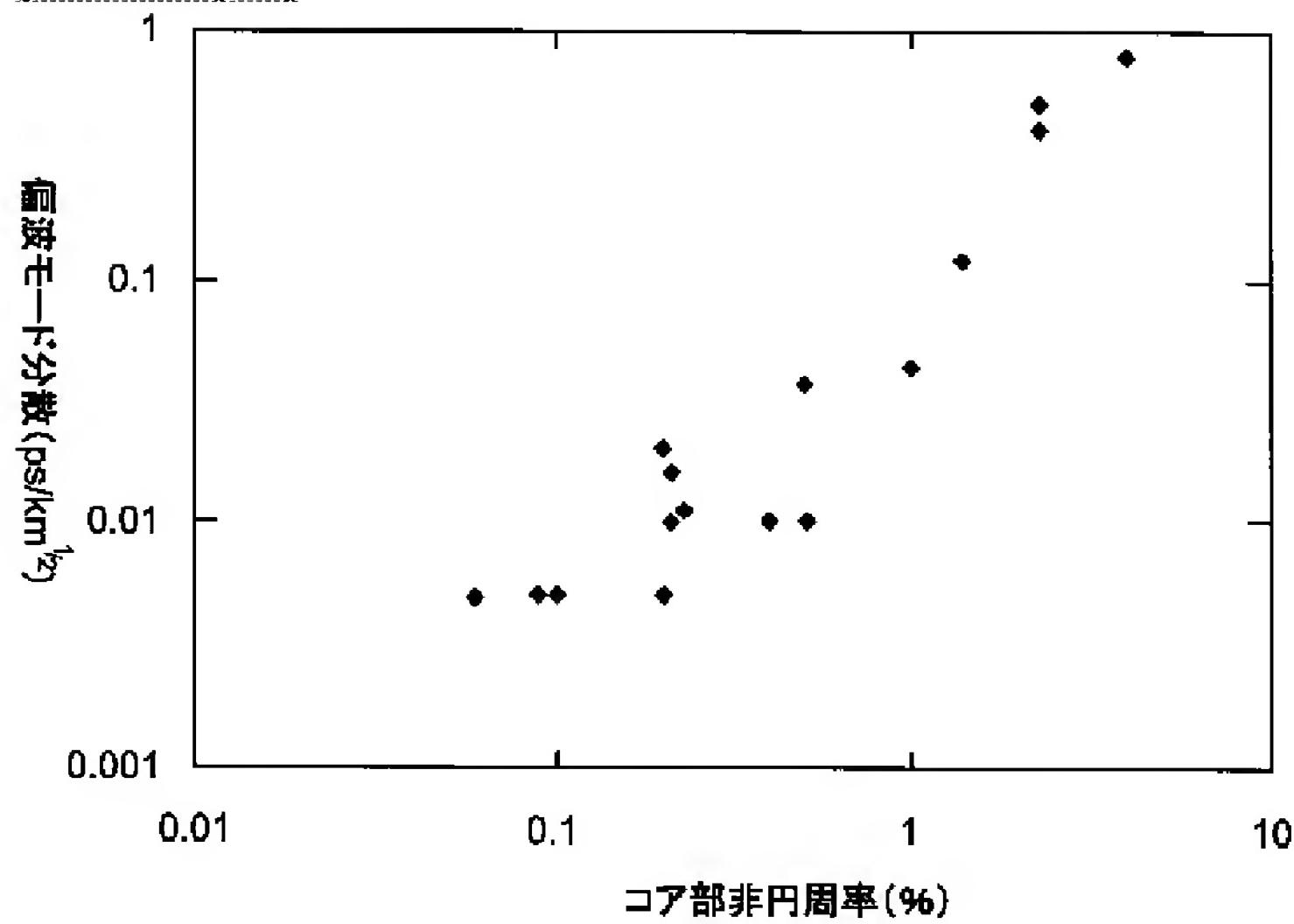
(a)



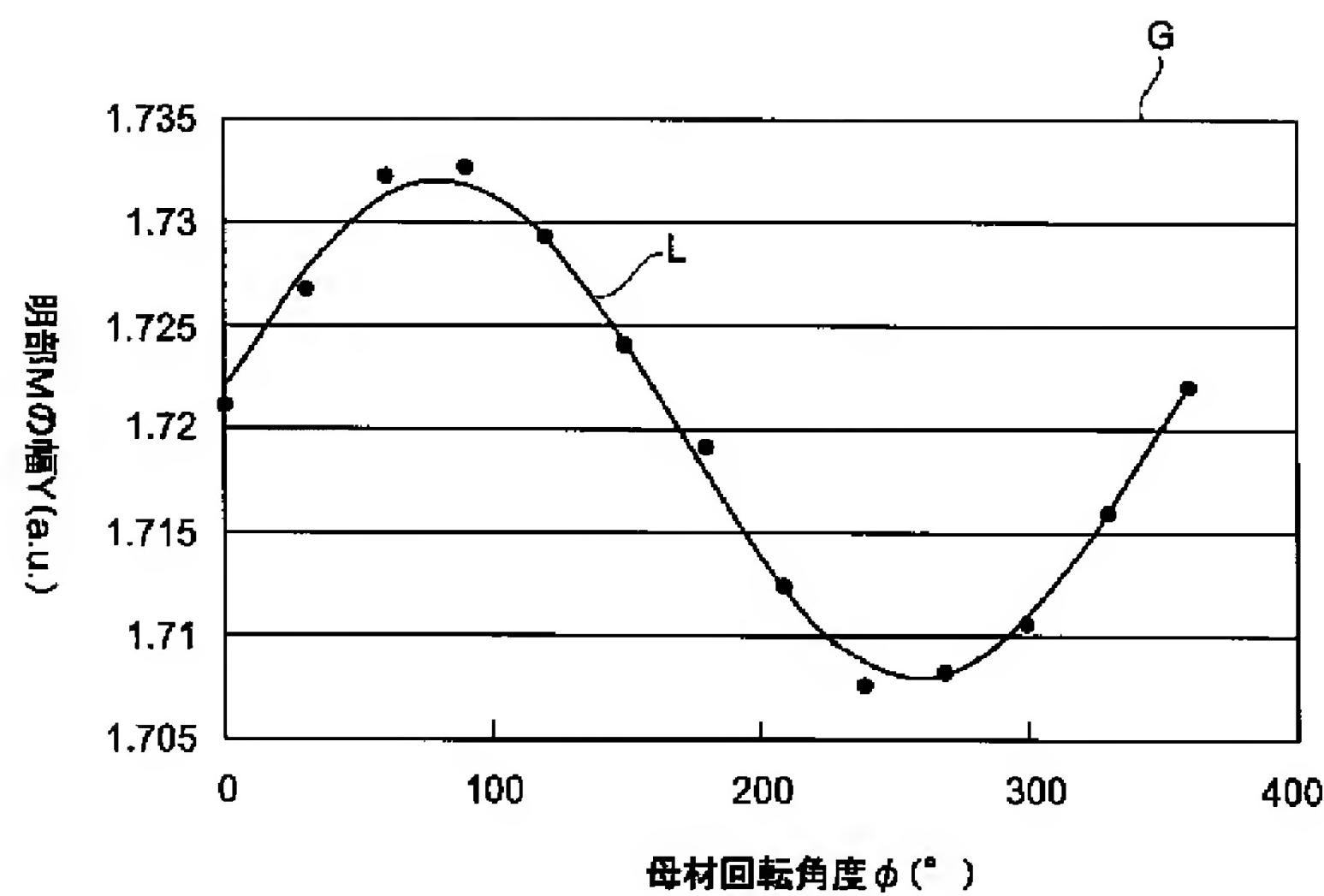
(b)



[Drawing 4]



[Drawing 3]



[Translation done.]